

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 55-091890

(43)Date of publication of application : 11.07.1980

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 53-164811

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 28.12.1978

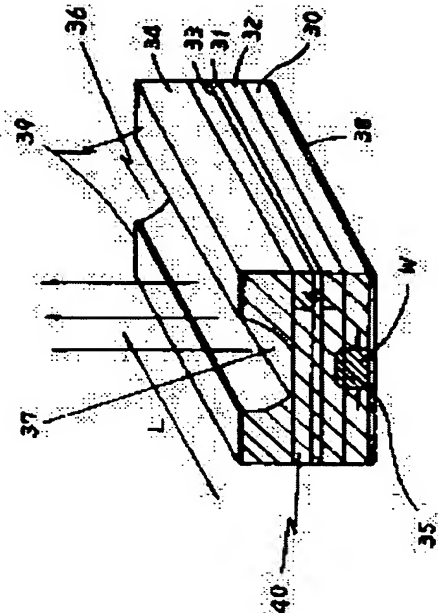
(72)Inventor : HANAMITSU KIYOSHI  
OSAKA SHIGEO

(54) PHOTODIODE

(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to take out light in the direction perpendicular to the junction surface by making the thickness and refractive index of a semiconductor layer satisfy a specified relation.

CONSTITUTION: No.1 semiconductor layer 31 having refractive index  $n_1$  is sandwiched by No.2 semiconductor layer 32 having a larger forbidden band and smaller refractive index  $n_2$  than No.1 layer and semiconductor layer 33 having a larger forbidden band and smaller refractive index  $n_3$  than No.1 layer 31, and thereby a photodiode of multi-heterojunction structure is formed. The thickness  $d$  of No.1 semiconductor layer 31 is selected so as to satisfy  $d = (n_1^2 - n_2^2) / (n_1^2 - n_3^2) \cdot 1/2$ ,  $D = dK_0(n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$ ,  $K_0 = 2\pi/\lambda_0$ , where  $\lambda_0$  is the light emission wavelength in free space, and  $0 < D < \tan^{-1}(d-1)^{1/2}$ .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑨ 日本国特許庁 (JP)  
⑩ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開  
昭55-91890

⑫ Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 01 L 33/00

識別記号

庁内整理番号  
7739-5F

⑬ 公開 昭和55年(1980)7月11日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑭ 発光ダイオード

⑮ 特 願 昭53-164811

⑯ 出 願 昭53(1978)12月28日

⑰ 発 明 者 花光清

川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

⑱ 発 明 者 大坂重雄

川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社

川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁理士 松岡宏四郎

# 明 細 書

## 1. 発明の名称

発光ダイオード

## 2. 特許請求の範囲

屈折率  $n_1$  の第1の半導体層が該第1の半導体層より制限帯巾が大きくかつ屈折率の小さな屈折率  $n_2$  の第2の半導体層と該第1の半導体層より制限帯巾が大きくかつ第2の半導体層より屈折率の小さな屈折率  $n_3$  の第3の半導体層とではさまれてなる多重ヘテロ接合構造を有する発光ダイオードにおいて、前記第1の半導体層の厚さ  $d$  が次式(1) (2) (3) (4)

$$d = \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 - n_3^2} \dots (1)$$

$$D = d K_0 (n_1^2 - n_2^2)^{1/4} \dots (2)$$

$$K_0 = 2 \pi / \lambda_0 \dots (3) \text{ただし } \lambda_0 \text{ は自由空間での発光波長}$$

$$0 < D < 1 \sin^{-1} (n_2 - n_1) \dots (4)$$

を満たし、接合面に対して垂直な方向に出力光が

取り出されることを特徴とする発光ダイオード。

## 2. 発明の詳細な説明

本発明は多重ヘテロ接合をもつ発光ダイオードに関する。

従来の発光ダイオードは、発光出力を取り出す形式から面放射形と端面放射形の2つのタイプに大別される。このうち端面放射形のは多重ヘテロ接合構造により活性層で発光した光を活性層内面に導き放して放射面に導くものである。この場合導かれる光は誘導放出により増強されるため、面放射形発光ダイオードにない指向性が出力光に得られる。

発光出力を取り出す形式としては面放射形発光ダイオードでは多重ヘテロ接合構造の層に垂直な方向に光出力が得られるのに対して、端面放射形発光ダイオードでは多重ヘテロ接合構造の層に平行な方向に光出力が得られる。

本発明は、従来の端面放射形発光ダイオードのように多重ヘテロ接合構造により活性層内面の光の導放を行いつつ発光出力としては面放射形発光

特開昭55-91890

ダイオードと同様接合面に対して垂直な方向に放射することのできる発光ダイオードに関するものである。

以下本発明を詳細に説明する。

まず、本発明の原理を第1図に基づいて説明する。第1図は3つの半導体層からなるスラブ導波路の断面を示したもので横軸に電界の強さ、縦軸は垂直方向の距離を示す。中心層の屈折率を $n_1$ 、下側クラッド層、上側クラッド層の屈折率 $n_2$ 、下側クラッド層の屈折率を $n_3$ とする。

これらの屈折率の間には次式(1)の関係がある。

$$n_1 > n_2 > n_3 \quad (1)$$

第1図においてaは導波モード、bは放射モードを示す。

X軸の進行方向に対しては電界成分を持たず、Y軸方向に電界成分をもつ電磁波(TE波と略す)が活性層に閉じ込められ、Z軸方向に伝播できる。このような活性層内に伝播する導波モードが存在するための条件は次のように与えられる。活性層の厚さを $d$ 、屈折率の非対称パラメータ $a$ を(2)式、

- 3 -

層2への透過光4はない。一方、上層のクラッド層3との界面では全反射条件が満たされないため透過光4が存在する。本発明の発光ダイオードではこの上層3への透過光を出力光として用いるものである。この透過光は活性層1中をZ軸方向にジグザグに進行する光の一部であり、このジグザグに進行する光は誘導放出によるコヒーレントな増幅を受けているため、自然放出の光よりも空間的、時間的コヒーレンスが改善された光となっている。

以上述べた本発明の原理に基づき構成された発光ダイオードの実施例を第3図に示す。

この実施例は0.8  $\mu\text{m}$  帯の発光波長をもつGaAs系を用いた例である。基本的な構造および製造は通常のGaAs多量ヘテロ接合型レーザと同じである。n型GaAs基板34にn型Ga0.8Al0.2As33、P-GaAs31、P-Ga0.5Al0.5As32、n-GaAs30を逐次成長させる。

発光巾Wに亘って亜鉛Znを蒸着し、n-Ga-

- 5 -

厚さのパラメータDを(3)式で定義する。

$$a = \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 - n_3^2} \quad (2)$$

$$D = d k_0 (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} \quad (3)$$

ここで $k_0 = 2\pi/\lambda_0$ 、

$\lambda_0$ は自由空間での発光波長である。

活性層の厚さ $d$ 及び屈折率の非対称パラメータ $a$ を(2)式及び(3)式のように定義すると導波モードが存在する条件は次式(4)で定まる。

$$\tan D = (a - 1)^{1/2} \quad (4)$$

すなわち、ヘテロ接合を構成する各層の材質の屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ が定まれば、(2)及び(3)式から求められる活性層の厚さ $d$ の値より小さな薄い厚さのスラブ構造では、Z軸方向に伝播するモードは第1図曲線bで示すように放射モードとなり、X軸方向に電界がクラッド層までしびだす。

第2図に放射モードがZ軸方向に伝播する様子を示す。活性層1で発生した光は下層のクラッド層2との界面では全反射がみこり、下層のクラ-

- 4 -

As30の一部を選択的にP型に変換してストライプ状のP型領域35を形成する。更にn-GaAs基板34を中央の巾Wの部分のエッチングで取り除きストライプ状の層36を形成し反射防止膜37が施されている。オーミックコンタクト電極から成るP電極38、N電極39が設けられている。このような材料をえらぶと各層の屈折率はAsの組成比Xから決まり活性層GaAs31、クラッド層n-Ga0.8Al0.2As33、P-クラッド層P-Ga0.5Al0.5As32の屈折率はそれぞれ3.6、3.42、3.29となる。 $\lambda_0 = 0.83 \mu\text{m}$  に対して(2)、(3)式から求められる $d$ の値は約0.13  $\mu\text{m}$  となる。従って活性層の厚さは0.13  $\mu\text{m}$  以下、例えば0.12  $\mu\text{m}$  にえらばれている。

また、レーザでいうところの2つのへき面からなる共振器面は、できる限り高反射が得られるよう誘電体多層膜40が施されている。

このような構造を有する発光ダイオードに順方向電流を通じると活性層内で自然放出光が発生す

- 6 -

特開昭55-91890(3)

あるがP電極48として、二酸化シリコン膜50を介して発光成長で吸収の少ない透明電極、二酸化スズ例えばSnO<sub>2</sub>を用いた実施例である。

以上のように本発明による発光ダイオードは従来の面放射形発光ダイオードのように層構造に垂直方向に光を取り出す構造をもちつつ、端面放射形発光ダイオードと同様に導波及びコヒーレンスにおいてすぐれた出力光が得られる特徴をもつ。発光巾はストライプ巾、共振長を定めることにより任意に選択できるため、使用目的に応じた任意の発光領域をもつ高輝度の発光ダイオードを得ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図及び第2図は本発明の原理を説明する説明図、第3図、第4図は本発明による実施例を示す斜視図である。

1……活性層、2……下層クラッド層、3……上層クラッド層、30……n型GaAs層、31……P型GaAs活性層、32……P型クラッド層、33……n型クラッド層、34……n型Ga

- 8 -

る。この光のうち、活性層31とPクラッド層32の屈折率差で決まる臨界角内の角度で放射される光はPクラッド層32で全反射され、またnクラッド層33との界面では一部は反射、一部は透過される。反射光は更にこの過程が連続して起こりジグザグパスをえがきながら端面に達する。端面に達した光は反射され、反対の方向に更にジグザグに伝播する。このジグザグの伝播過程で誘導放出によるコヒーレント増幅を受け、自然放出光よりコヒーレンスのよい光となる。上述のnクラッド層30に透過屈折する光はGaAsのエッチング窓を通して、出力光として外部に導かれる。この光は活性層31内を伝播する光の一部から成っているため、コヒーレンスのよい、すなわち高輝度で偏同性のよい光となる。

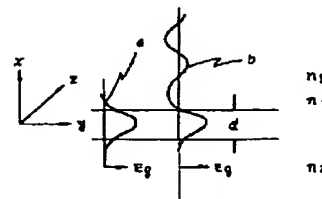
なお、この発光ダイオードでは発光巾はストライプ巾で、またその長さは共振長さにより決定される。

第4図は本発明による他の実施例であり発光ダイオードの層構造は上記の第1の実施例と同じで

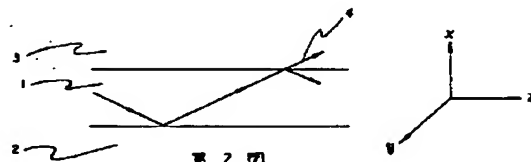
- 7 -

As基板、35……P型拡散層、36……ストライプ状溝、37……反射防止膜、38、48……P電極、39、49……n電極、40……高反射膜、50……二酸化シリコン膜。

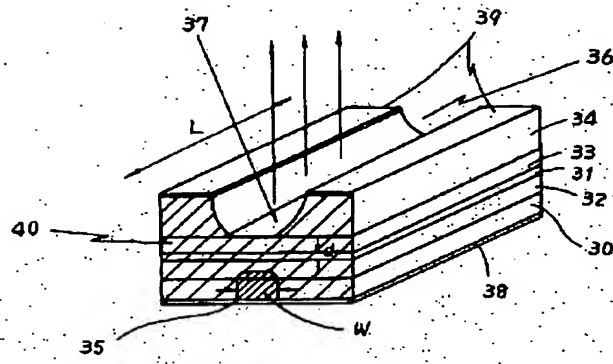
代理人 井根士 松岡宏 西郷



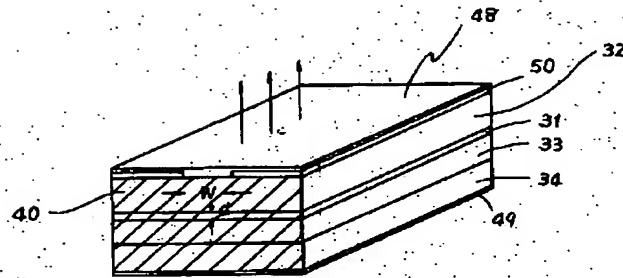
第1図



第2図



第 3 図



第 4 図